

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ISSN 1563-0064

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ИНФОРМАТИКА

Научно-технический журнал

Основан в 1997 г.

№ 3(58), июль – сентябрь 2012

Выходит 4 раза в год

© Харьковский национальный
университет радиоэлектроники, 2012

Свидетельство о государственной регистрации КВ № 12097-968 ПР 14.12.2006

РИ, 2012, № 3

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА



УДК 004.415.2

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЄНТОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ПРІОРИТЕТНОСТІ ЧАСТКОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ

ВАСИЛЕВИЧ Л.Ф., МИХАЙЛЮК А.Ю.,
МИХАЙЛЮК О.С., ОГНІВЧУК Л.М.,
ТАРАСЕНКО В.П.

Розглядаються можливості подальшого розвитку формалізованого підходу до проектування високоефективних функціонально-орієнтованих інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем (ПАС) та методики аналізу альтернативних проектів ПАС для оптимізації результатів проектування на основі застосування апарату лінгвістичних змінних. Зважаючи на багатокритеріальність задачі оцінки проектів ПАС, обґрунтовується необхідність врахування методів знаходження коефіцієнтів пріоритетності часткових показників ефективності, які використовуються при визначенні загального показника ефективності проекту. Проводиться порівняльний аналіз відомих методів, визначаються рекомендації по їх застосуванню. Крім того, обговорюються можливості подання коефіцієнтів пріоритетності нечіткими величинами.

1. Постановка задачі

У роботах [1,2] запропоновано формалізований підхід до проектування інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем, який дозволяє суттєво скоротити часові та вартісні витрати на їх розробку та реалізацію. Процес проектування ПАС із застосуванням апарату теорії нечітких множин завершується аналізом, порівнянням проектів ПАС та вибором найкращого. Для цього вводиться лінгвістична змінна (ЛЗ) «Загальний показник ефективності» x , яка розраховується на основі лінгвістичних змінних часткових показників ефективності за формулою:

$$x = \sum_j x_j E_{\alpha j} = \sum_j \sum_k B_k \mu_{kj}(w_k) E_{\alpha j},$$

де B_k , $k = \overline{1, K}$ – коефіцієнти пріоритетності часткових показників ефективності; K – кількість часткових показників ефективності; w_k , $k = \overline{1, K}$ – часткові показники ефективності; $\mu_{kj}(w_k)$; $j = \overline{1, 5}$ – функції належності по кожному з п'яти термів ЛЗ часткових

показників ефективності; $E_{\alpha j} = \frac{E_{\alpha j+} + E_{\alpha j-}}{2}$ – середина α -зрізу нечіткого терму E_j ЛЗ «Загальний показник ефективності»; $E_{\alpha j+}$ і $E_{\alpha j-}$ – ліва і права

границі α -зрізу терму E_j ;

Для знаходження коефіцієнтів пріоритетності часткових показників ефективності проектів (далі часткових показників) можна використовувати такі методи: формула Фішберна, метод Уея, бальний метод, метод рангових оцінок. Від вибору методу знаходження чисельного значення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників залежить можливість отримання найбільш високої якості оцінювання проекту. Оскільки у роботі [1] на цьому увага не акцентувалась, то в даній роботі пропонується детально розглянути особливості застосування таких методів їх визначення, як метод Фішберна, Уея та бальний метод [3], навести відповідні приклади, виконати порівняльний аналіз названих методів та сформулювати рекомендації щодо можливості та доцільності використання того чи іншого методу при оцінюванні загального показника ефективності проекту ПАС.

Крім зазначеного вище, в даній роботі розглянуто задачу подання коефіцієнтів пріоритетності нечіткими величинами, завдяки чому виникає можливість, при необхідності, в більшій мірі врахувати суб'єктивність суджень особи, яка приймає рішення щодо проекту. У зв'язку з появою нечітких аргументів досліджено також процедури знаходження відношення нечіткого загального показника ефективності ПАС до термів ЛЗ «Загальний показник ефективності».

2. Визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників за формулою Фішберна

За цим методом особа, яка приймає рішення (ОПР), ранжує часткові показники в порядку їх важливості (пріоритетності), тобто застосовується шкала пріоритетності. Після цього коефіцієнти пріоритетності часткових показників B_k розраховуються за формулою [2]:

$$B_k = \frac{2(K+1-l_k)}{K(K+1)}, \quad (1)$$

де K – кількість часткових показників (критеріїв); l_k – номер (ранг) k -го критерію в порядку його важливості. При цьому виконується умова нормування:

$$\sum_{k=1}^K B_k = 1.$$

Залежність коефіцієнтів пріоритетності часткових показників B_k , які розраховуються за формулою Фішберна, від рангу k -го критерію є лінійною з нахилом:

$$\frac{dB_k}{dl_k} = -\frac{2}{K(K+1)}.$$

При $l_k = 1$ досягаємо максимального значення $B_{k \max}$,

$$\text{яке дорівнює } B_{\max} = \frac{2}{K+1}.$$

При $l_k = K$ досягаємо мінімального значення $B_{k \min}$,

$$\text{яке дорівнює } B_{\min} = \frac{2}{K(K+1)}.$$

Відношення граничних коефіцієнтів пріоритетності

$$\text{часткових показників становить: } \delta_{\Phi} = \frac{B_{\max}}{B_{\min}} = K.$$

На рис. 1 показано залежність коефіцієнтів пріоритетності часткових показників, розрахованих за формулою Фішберна, від рангу k -го критерію відповідно до кількості часткових показників за умови, що коефіцієнти пріоритетності часткових показників розташовані в порядку спадання їх рангу ($l_k = k$). Як видно з рис. 1, відрізки, що відповідають різним K , можуть перетинатися. Це означає, що абсолютна вага деякого часткового показника може зростати при збільшенні їх кількості, а іншого – зменшуватись.

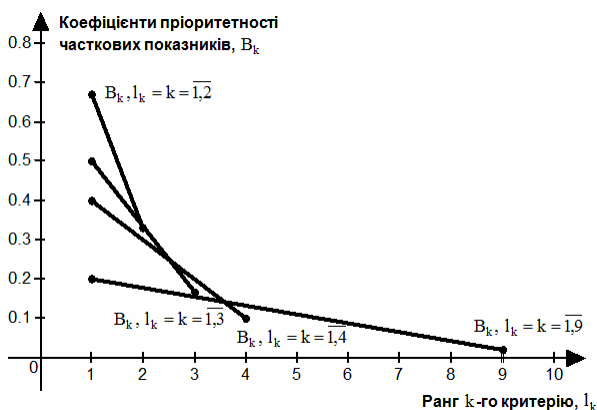


Рис. 1. Графік залежності коефіцієнтів пріоритетності часткових показників, розрахованих за методом Фішберна, від рангу k -го критерію

Точка k_{Π}^{Φ} , в якій попарно перетинаються відрізки B_k , для різних K визначається за формулою:

$$k_{\Pi}^{\Phi} = \frac{(K_1 + 1)(K_2 + 1)(K_2 - K_1)}{K_2(K_2 + 1) - K_1(K_1 + 1)}. \quad (2)$$

Отже, аналізуючи рис. 1 та орієнтуючись на закономірність Парето – “20% всіх факторів визначають 80% результату”, приходимо до висновку, що з усього набору критеріїв, які визначають ефективність проектів ПАС, вибір часткових показників слід здійснювати досить обґрунтовано (системно), виділяючи найбільш важливі [4].

Приклад 1. Нехай деякі три проекти ПАС Ω_i , $i = \overline{1,3}$ характеризуються такими частковими показниками: w_1 – швидкість пошуку; w_2 – точність пошуку; w_3 –

повнота пошуку; w_4 – вартість проекту. Для знаходження загального показника ефективності проектів задавати ЛЗ не будемо, обмежимося нормалізованими значеннями оцінок проектів $w_{k\text{н}}^i$, де $k = \overline{1,4}$, які знайдено за методом природної нормалізації

$$w_{k\text{н}}^i = \frac{w_k^i - w_{k\text{н}}^{\min}}{w_{k\text{н}}^{\max} - w_{k\text{н}}^{\min}} \text{ та наведено в табл. 1, оскільки}$$

цього достатньо для визначення впливу кількості часткових показників та їх коефіцієнтів на оцінку загального показника ефективності проектів.

Таблиця 1. Нормалізовані оцінки проектів за різними частковими показниками

Загальний показник ефективності проекту знайдемо за адитивною згортою:

$$x^i = \sum_{k=1}^K B_k w_{k\text{н}}^i \cdot (-1)^{\gamma_k}, \quad (3)$$

де

$$\gamma_k = \begin{cases} 2, & \text{коли } k - \text{й показник підлягає максимізації;} \\ 1, & \text{коли } k - \text{й показник підлягає мінімізації.} \end{cases}$$

Якщо часткові показники ранжувати в порядку $w_1 > w_2 > w_3 > w_4$, де знак “ $>$ ” означає більш важливий, тоді коефіцієнти пріоритетності часткових показників, які знайдені за формулою Фішберна, будуть дорівнювати $B_1 = \frac{2}{5}$, $B_2 = \frac{3}{10}$, $B_3 = \frac{1}{5}$, $B_4 = \frac{1}{10}$. Загальні показники ефективності проектів ПАС, знайдені за формулою (3), де $\gamma_1 = 2$, $\gamma_2 = 2$, $\gamma_3 = 2$, $\gamma_4 = 1$, будуть дорівнювати: $x^1 = 0.56$, $x^2 = 0.28$, $x^3 = 0.44$. Очевидно, що найкращим є проект Ω_1 .

Додамо до розгляду ще один частковий показник w_5 – надійність програмних модулів ПАС ($\gamma_5 = 2$), для якого нормалізовані оцінки проектів Ω_i , $i = \overline{1,3}$ становлять $w_5^1 = 1$; $w_5^2 = 0.6$; $w_5^3 = 0$; а ранг w_5 становить 3. Тоді коефіцієнти пріоритетності часткових показників дорівнюють:

$$B_1 = \frac{1}{3}; B_2 = \frac{4}{15}; B_3 = \frac{2}{15}; B_4 = \frac{1}{15}; B_5 = \frac{1}{5}.$$

Відповідно для трьох різних проектів значення загального показника ефективності буде дорівнювати:

$$x^1 = 0.637, x^2 = 0.38, x^3 = 0.36.$$

Таким чином, введення ще одного часткового показника погіршило ранги другого та третього проектів, але кращим залишився перший проект.

3. Визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників за методом Уея

За цим методом на основі ранжування часткових показників спочатку знаходиться квадратна матриця попарних порівнянь $|a_{kj}|$, елементи якої

$$a_{kj} = \begin{cases} 0, & \text{коли } k\text{-й критерій менш пріоритетний, ніж } j\text{-й;} \\ 1, & \text{коли пріоритетність } k\text{-го та } j\text{-го критеріїв однакова;} \\ 2, & \text{коли } k\text{-й критерій більш пріоритетний, ніж } j\text{-й.} \end{cases}$$

Потім коефіцієнти пріоритетності часткових показників знаходяться за формулою [2]:

$$B_k = \frac{\sum_{j=1}^K a_{kj}}{\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^K a_{kj}}. \quad (4)$$

Відповідно до цього методу також виконується умова

$$\text{нормування: } \sum_{k=1}^K B_k = 1.$$

Застосовуючи (4), можна показати, що $\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^K a_{kj} = K^2$,

$$\max \sum_{j=1}^K a_{kj} = 2K - 1, \quad \min \sum_{j=1}^K a_{kj} = 1.$$

Тоді

$$B_{\max} = \frac{2K-1}{K^2}, \quad B_{\min} = \frac{1}{K^2}, \quad \delta_y = \frac{B_{\max}}{B_{\min}} = 2K - 1.$$

При цьому, якщо пріоритетність часткових показників не збігається, то залежність B_k від k є лінійною з нахилом

$$\frac{dB_k}{dk} = -\frac{2}{K^2}. \quad (5)$$

Порівняння δ і $\frac{dB_k}{dk}$ для методів Фішберна і Уея показує, що значення граничних коефіцієнтів пріоритетності і абсолютної величини $\frac{dB_k}{dk}$ за методом Уея більші, ніж за методом Фішберна. При цьому різниця $\delta_y - \delta_\Phi = 2K - 1 - K = K - 1$

зростає пропорційно кількості часткових показників. Це означає, що метод Уея більшою мірою враховує пріоритетність різних часткових показників.

На рис. 2 зображено залежність коефіцієнтів пріоритетності часткових показників, які розраховані за методом Уея, від рангу k -го критерію відповідно до кількості часткових показників K .

Оскільки коефіцієнти пріоритетності часткових показників, які знайдені за методом Уея, за умови різної попарної важливості змінюються лінійно залежно від РИ, 2012, № 3

рангу показника, їх можна отримати простіше, ніж шляхом знаходження матриці $|a_{kj}|$ та застосування формули (4).

Рівняння прямої, яка проходить через дві точки

$$(l_k = 1; B_1 = B_{\max} = \frac{2K-1}{K^2}),$$

$$(l_k = K; B_K = B_{\min} = \frac{1}{K^2}),$$

має вигляд:

$$\frac{l_k - 1}{K - 1} = \frac{B_k - \frac{2K-1}{K^2}}{\frac{1}{K^2} - \frac{2K-1}{K^2}}. \quad (6)$$

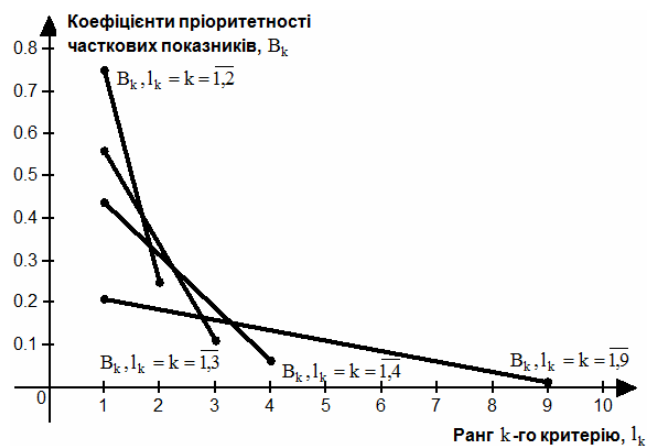


Рис. 2. Графік залежності коефіцієнтів пріоритетності часткових показників, розрахованих за методом Уея, від рангу k -го критерію

Тоді з (6) отримуємо

$$B_k = \frac{2}{K} + (1 - 2l_k) / K^2, \quad (7)$$

а $\frac{dB_k}{dl_k} = -\frac{2}{K^2}$, що відповідає (5).

Для розрахунку за формулою (7) не потрібно знаходити матрицю попарних порівнянь $|a_{kj}|$, що є перевагою даного способу.

Приклад 2. Для умови прикладу 1, коли кількість часткових показників $K = 4$, коефіцієнти пріоритетності часткових показників, знайдені за формулою Уея, дорівнюють

$$B_1 = \frac{7}{16}; \quad B_2 = \frac{5}{16}; \quad B_3 = \frac{3}{16}; \quad B_4 = \frac{1}{16}.$$

Загальні показники ефективності проектів Ω_i , $i = \overline{1,3}$ дорівнюють $x^1 = \frac{7}{16} \cdot 1 + \frac{5}{6} \cdot 0 + \frac{3}{16} \cdot 1 - \frac{1}{16} \cdot 0,4 = 0,593$; $x^2 = 0,343$; $x^3 = 0,443$. Отже, вибір кращого проекту ($\Omega_{\text{opt}} = \Omega_1$) не змінився. При введенні п'ятого показника, застосовуючи (4) або (7), маємо:

$$B_1 = \frac{9}{25}; B_2 = \frac{7}{25}; B_3 = \frac{3}{25}; B_4 = \frac{1}{25}; B_5 = \frac{5}{25}.$$

Загальні показники ефективності для різних проектів ПАС дорівнюють:

$$x^1 = 0,664; x^2 = 0,428; x^3 = 0,364.$$

Таким чином, отримано практичні результати, що і за методом Фішберна. Точка k_{Π}^Y перетину відрізків B_K для різних K визначається із рівняння:

$$k_{\Pi}^Y = 0,5 + \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2}. \quad (8)$$

Порівнюючи (2) і (8), отримуємо: $k_{\Pi}^{\Phi} > k_{\Pi}^Y$.

4. Бальний метод визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників

За цим методом вводиться бальна шкала і кожному частковому показнику, залежно від його пріоритетності, виставляється бал Q_k (як правило, цілочисельний) в межах цієї шкали. Важливішому частковому показнику відповідає більший бал. Коефіцієнти пріоритетності часткових показників розраховуються за формулою:

$$B_k = \frac{Q_k}{\sum_{k=1}^K Q_k}. \quad (9)$$

В загальному випадку за цим методом характер зміни B_k не є лінійним, на відміну від методів Фішберна і Уея. Відношення граничних коефіцієнтів пріоритетності часткових показників: $\delta_6 = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$.

Це відношення визначається граничними балами, які виставлені частковим показникам. Ці бали можуть відрізнятися, коли застосовуються різні бальні шкали. Для окремого випадку, коли бальна шкала дорівнює $[1 \div K]$ і всі часткові показники мають різну пріоритетність, характер зміни B_k буде лінійним, а відношення граничних коефіцієнтів пріоритетності часткових показників $\delta = K$. В цьому випадку бальний метод повністю збігається з методом Фішберна. Практично частіше застосовується N -бальна шкала, для якої $N \neq K$.

Приклад 3. Будемо вважати, що за умов прикладу 1 для оцінки ефективності проектів ПАС застосовується 10-бальний метод визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників, а для часткових показників проектів в залежності від їх пріоритетності призначено такі бали:

$$Q_1 = 8, Q_2 = 7, Q_3 = 5, Q_4 = 4.$$

$$\text{Тоді } B_1 = \frac{8}{24}, B_2 = \frac{7}{24}, B_3 = \frac{5}{24}, B_4 = \frac{4}{24}.$$

Показники ж ефективності проектів, знайдені за загальним адитивним критерієм, дорівнюють

$$x^1 = \frac{8}{14} \cdot 1 + \frac{7}{24} \cdot 0 + \frac{5}{24} \cdot 1 - \frac{4}{24} \cdot 0,4 = 0,471; \\ x^2 = 0,175; x^3 = 0,437.$$

Отже, кращим є проект Ω_1 ($x^1 = 0,471$). При введенні 5-го часткового показника ($Q_5 = 6$) маємо:

$$B_1 = \frac{8}{30}; B_2 = \frac{7}{30}; B_3 = \frac{5}{30}; B_4 = \frac{4}{30}; B_5 = \frac{6}{30},$$

$$\text{а } x^1 = 0,58; x^2 = 0,26; x^3 = 0,55.$$

Таким чином, введення нового часткового показника незмінило порядок цінності різних рішень, що відрізняє отримані результати від результатів за методами Фішберна та Уея. Для бального методу маємо менше відношенням δ у порівнянні з попередніми методами.

$$\text{Дійсно, при } K = 5 \text{ маємо: } \delta_6 = \frac{8}{3}; \delta_Y = 9; \delta_{\Phi} = 5.$$

При збільшенні кількості часткових показників ця різниця суттєво зростає. Тому, при великій кількості критеріїв ($K > 4 - 5$) і за умови майже однакової важливості всіх часткових показників, рекомендується застосовувати бальний метод.

Оскільки розмірність шкали і бали є суб'єктивними оцінками, для підвищення ефективності рішень, які приймаються на основі цих оцінок, пропонується застосовувати нечіткі бальні оцінки у вигляді нечітких величин [3,5].

5. Визначення коефіцієнтів пріоритетності на основі нечітких бальних оцінок та відношення нечіткого загального показника до термів ЛЗ «Загальний показник ефективності ПАС»

За цим методом кожному частковому показнику призначаються нечіткі бали Q_k у вигляді нечіткої величини з трапецієвидною функцією належності $\mu(y) \in [0 \div 1]$, де Y – бальна шкала [3].

Функцію належності $\mu_{Q_k}(y)$ отримують на основі експертного опитування, або вона визначається ОПР. При трапецієвидній функції належності кожен бал Q_k визначається четвіркою чисел: $Q_k = \langle a_k; b_k; c_k; d_k \rangle$,

де інтервал $[a_k \div d_k]$ визначає носій нечіткої величини, а інтервал $[b_k \div c_k]$ – її ядро [4]. При $b_k = c_k$ бали Q_k є нечіткими величинами.

Для прийняття рішення щодо значення Q_k експерту (ОПР) потрібно відповісти на два запитання:

- в якому діапазоні може змінюватись оцінка пріоритетності k -го часткового показника (при цьому визначається носій нечіткої величини);
- в якому діапазоні може бути найбільш достовірною оцінка пріоритетності k -го часткового показника (при цьому визначається ядро нечіткої величини).

Коли задіяна група експертів, числа a_k, b_k, c_k, d_k визначаються як середнє арифметичне отриманих експертних оцінок.

Нечіткі коефіцієнти пріоритетності часткових показників знаходяться за формулою (9), де всі Q_k є нечіткими величинами, арифметичні операції над нечіткими величинами виконуються згідно з принципом узагальнення [5]:

$$C = A_1 + A_2 = (a_1 + a_2; b_1 + b_2; c_1 + c_2; d_1 + d_2), \quad (10)$$

$$C = A_1 - A_2 = (a_1 - d_2; b_1 - c_2; c_1 - b_2; d_1 - a_2), \quad (11)$$

$$C = A_1 \cdot A_2 = (a_1 \cdot a_2; b_1 \cdot b_2; c_1 \cdot c_2; d_1 \cdot d_2), \quad (12)$$

$$C = A_1 / A_2 = (a_1 / d_2; b_1 / c_2; c_1 / b_2; d_1 / a_2), \quad (13)$$

денечіткі величини

$$A_1 = (a_1; b_1; c_1; d_1); \quad A_2 = (a_2; b_2; c_2; d_2).$$

Приклад 4. Нехай $Q_1 = \langle 8; 9; 10; 10 \rangle$; $Q_2 = \langle 6; 7; 8; 9 \rangle$; $Q_3 = \langle 5; 6; 7 \rangle$; $Q_4 = \langle 4; 5; 6 \rangle$.

Тоді маємо $\sum_{k=1}^4 Q_k = \langle 23; 27; 29; 32 \rangle$, а

$$B_1 = \langle \frac{8}{32}; \frac{9}{29}; \frac{10}{27}; \frac{10}{23} \rangle; \quad B_2 = \langle \frac{6}{32}; \frac{7}{29}; \frac{8}{27}; \frac{9}{23} \rangle;$$

$$B_3 = \langle \frac{5}{32}; \frac{6}{29}; \frac{6}{27}; \frac{7}{23} \rangle; \quad B_4 = \langle \frac{4}{32}; \frac{5}{29}; \frac{5}{27}; \frac{6}{23} \rangle.$$

Для прикладу, що розглядається, застосовуючи (4), (10) – (13), отримаємо такі нечіткі оцінки загального показника ефективності для різних проектів ПАС:

$$x^1 = \langle 0.302; 0.443; 0.524; 0.689 \rangle;$$

$$x^2 = \langle 0.113; 0.128; 0.178; 0.191 \rangle;$$

$$x^3 = \langle 0.299; 0.386; 0.452; 0.604 \rangle.$$

У роботі [6] пропонуються різні методи дефазифікації нечітких величин для їх порівняння. При дефазифікації за методом «центру тяжіння» (аналог математичного сподівання випадкової величини), коли кожен бал

Q_k є нормальною нечіткою величиною з трапецієвидною функцією належності, отримана така формула [1]:

$$x_{ц.т.} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} \mu(x) dx} = \frac{d^2 + c^2 + dc - a^2 - b^2 - ab}{3(d - a + c - b)}. \quad (14)$$

Для випадку, коли бали Q_k є нечіткими величинами, формула (14) спрощується:

$$x_{ц.т.} = \frac{a + b + d}{3}. \quad (15)$$

За умов прикладу 4 маємо такі дефазифіковані за методом «центру тяжіння» значення оцінок загального показника ефективності:

$$x^1 = 0.49, \quad x^2 = 0.155, \quad x^3 = 0.439.$$

Отже, кращим є проект Ω_1 , при цьому він не дуже відрізняється за значенням загального показника ефективності від проекту Ω_3 .

При збільшенні кількості часткових показників ефективності $K = 5$ і $Q_5 = \langle 5; 6; 7 \rangle$ отримаємо

$$B_1 = \langle \frac{8}{39}; \frac{9}{35}; \frac{10}{33}; \frac{10}{28} \rangle; \quad B_2 = \langle \frac{6}{39}; \frac{7}{35}; \frac{8}{33}; \frac{9}{28} \rangle;$$

$$B_3 = \langle \frac{5}{39}; \frac{6}{35}; \frac{6}{33}; \frac{7}{28} \rangle; \quad B_4 = \langle \frac{4}{39}; \frac{5}{35}; \frac{5}{33}; \frac{6}{28} \rangle;$$

$$B_5 = \langle \frac{5}{39}; \frac{6}{35}; \frac{6}{33}; \frac{7}{28} \rangle.$$

Нечіткі оцінки загального показника ефективності для різних проектів ПАС відповідно до (3) будуть дорівнювати:

$$x^1 = \langle 0.421; 0.543; 0.606; 0.771 \rangle;$$

$$x^2 = \langle 0.169; 0.209; 0.255; 0.307 \rangle;$$

$$x^3 = \langle 0.244; 0.32; 0.37; 0.496 \rangle.$$

Дефазифіковані за методом «центру тяжіння» значення оцінок загального показника ефективності різних проектів ПАС такі:

$$x^1 = 0.587, \quad x^2 = 0.234, \quad x^3 = 0.361.$$

Введення нового критерію не змінило порядок ранжування різних рішень, що відрізняє отримані результати від результатів, отриманих за методами Фішберна та Уея.

Нечіткі бальні оцінки пріоритетності часткових показників дають можливість використати більше інформації, наявної у експертів. Дійсно, нечітка оцінка W містить в собі і невизначеність, обумовлену кваліфікаторами «неможливо», «достовірно», «з достовірно».

ірністю $\mu_W(x) \in [0 \div 1]$ », і неточність, що визначається інтервалом, у якому $\mu_W(x) \neq 0$ (носій нечіткої величини Q). При цьому кваліфікатор невизначеності може мати як суб'єктивний (епістемологічний), так і стохастичний характер.

При нечіткому бальному методі визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників ПАС більшою мірою враховуються суб'єктивні судження осіб, які приймають рішення стосовно ПАС. При великій кількості часткових критеріїв, які обрано із застосуванням принципу Парето (це означає, що всі ці критерії важливі для задачі вибору кращого проекту ПАС), цей метод є більш адекватним реальним процесам вибору кращого проекту ПАС.

В роботі [1] розглянута методика аналізу та вибору проекту ПАС на основі ЛЗ. Але коли коефіцієнти пріоритетності часткових показників або оцінка хоча б одного часткового показника є нечіткими, то й оцінка загального показника ефективності ПАС теж буде нечіткою. Для визначення терма, до якого відноситься ця оцінка, її можна дефазифікувати, але при цьому буде втрачена частина інформації.

Більш досконалою є процедура визначення функції належності нечіткого загального показника ефективності ПАС до того чи іншого терму ЛЗ «Загальний показник ефективності». Для цього спочатку знайде-

мо функцію належності об'єднання термів, до яких може відноситися загальний показник ефективності ПАС. Об'єднання термів E_i та E_{i+1} ($E_{\cup} = E_i \cup E_{i+1}$) має функцію належності, яка визначається за формулою [5, 6]:

$$\mu_{E_{\cup}}(x) = \max(\mu_{E_i}(x); \mu_{E_{i+1}}(x)), \quad \forall x \in W.$$

Тоді функція належності відношення нечіткого загального показника ефективності ПАС до того чи іншого терму ЛЗ «Загальний показник ефективності» буде визначатися згідно з принципом узагальнення Л. Заде (рис.3):

$$\mu_T(x) = \min(\mu_{E_{\cup}}(x); \mu_{X_{\text{заг.}}}(x)), \quad \forall x \in W.$$

Нечітку величину T (відношення нечіткого загального показника ПАС до того чи іншого терму ЛЗ «Загальний показник ефективності») потрібно дефазифікувати. Для полімодальної функції належності простішим є метод за «половиною площини функції належності»:

$$\frac{1}{2} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \mu_T(x) dx = \int_{-\infty}^{x_{0T}} \mu_T(x) dx,$$

де x_{0T} – дефазифіковане значення нечіткої величини T , а для унімодальної трикутної або трапецієвидної

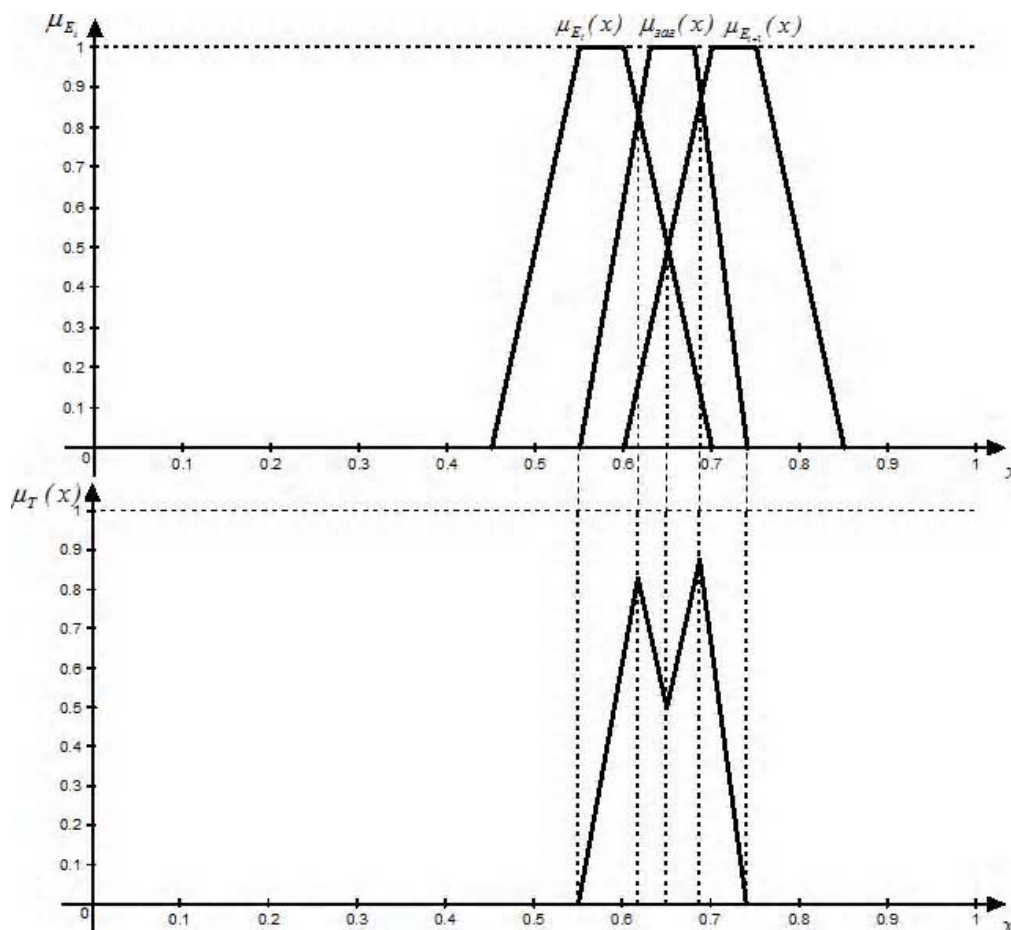


Рис. 3. Приклад знаходження відношення нечіткого загального показника ефективності ПАС до термів лінгвістичної змінної «Загальний показник ефективності»

функції належності – метод за «центром тяжіння» (формули (14) і (15)).

Для прикладу, який ілюструє рис. 3, знаходимо загальну площу \tilde{S} під функцією належності $\mu_T(x)$, яка є сумою площ двох трикутників та двох трапецій.

Для цього спочатку потрібно знайти максимуми функції належності та їх ординати. Прирівнюємо рівняння правої гілки функції належності $\mu_{E_i}(x)$ та лівої гілки функції належності $\mu_T(x)$:

$$\mu_{E_i}(x) = \frac{d-x}{d-c} = \mu_T(x) = \frac{x-a}{b-a}.$$

Для даних на рис.3 маємо:

$$\frac{0.7-x}{0.7-0.6} = \frac{x-0.55}{0.63-0.55}.$$

Із цього рівняння отримуємо ординату першого максимуму функції належності та його значення: $x = 0.617$ та $\mu_T(0.617) = 0.83$. Прирівнюємо рівняння лівої гілки функції належності $\mu_{E_{i+1}}(x)$ і правої гілки функції належності $\mu_T(x)$:

$$\mu_{E_{i+1}}(x) = \frac{x-a}{b-a} = \mu_T(x) = \frac{d-x}{d-c}.$$

Маємо $\frac{x-0.6}{0.7-0.6} = \frac{0.74-x}{0.74-0.68}$. Тоді ордината другого максимуму та його значення дорівнюють: $x = 0.6875$ та $\mu_T(0.6875) = 0.875$. Прирівнюємо рівняння правої гілки функції належності $\mu_{E_i}(x)$ і лівої гілки функції

належності $\mu_{E_{i+1}}(x)$: $\frac{0.7-x}{0.7-0.6} = \frac{x-0.6}{0.7-0.6}$. Із цього рівняння отримуємо ординату мінімуму функції належності $\mu_T(x)$ та його значення: $x = 0.65$; $\mu_T(0.65) = 0.5$.

Загальна площа \tilde{S} під функцією належності $\mu_T(x)$ дорівнює:

$$\begin{aligned} \tilde{S} &= 0.5(0.617-0.55)0.83 + 0.5(0.83+0.5)(0.65-0.617) + \\ &+ 0.5(0.6875-0.65)(0.5+0.875) + 0.5(0.74-0.6875)0.875 = \\ &= 0.0278 + 0.02145 + 0.0258 + 0.0229 = 0.098. \end{aligned}$$

Тоді половина площі $0.5\tilde{S} = 0.049$ буде при ординаті, яка є в межах висоти першої трапеції. Ця ордината знаходиться з квадратного рівняння:

$$0.5\left(\frac{0.7-x}{0.7-0.6} + 0.83\right)(x-0.617) = 0.049 - 0.0271.$$

Із цього рівняння отримуємо $x_{0T} = 0.645$, що відповідає терму E_i з функцією належності $\mu_{E_i}(0.645) = 0.55$, та терму E_{i+1} з функцією належності $\mu_{E_{i+1}}(0.645) = 0.45$.

При дефазифікації вихідної оцінки $x = < 0.55; 0.63; 0.68; 0.74 >$ за методом «половини площі» маємо $x_{0T} = 0.65$. При цьому $\mu_{E_i}(0.65) = \mu_{E_{i+1}}(0.65) = 0.5$, що відрізняється від попереднього результату. Отже, при дефазифікації вихідної оцінки частина інформації втрачається, тому більш

Таблиця 2. Характеристики методів визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників

| Метод визначення B_k | Метод Фішберна | Метод Уея | Бальний метод | Метод нечітких бальних оцінок |
|---|----------------------------|--|---|--|
| Характеристики | | | | |
| Характер залежності B_k від k для різної кількості часткових показників | Лінійна | Лінійна | Нелінійна, виняток, коли бальна шкала дорівнює $[1 \div K]$ | Нелінійна |
| Кількість критеріїв, при якій пропонується застосовувати метод | $\leq 4-5$ | $\leq 4-5$ | $> 4-5$ | Для великої кількості, зокрема $> 4-5$ |
| Введення нового часткового показника впливає на вагомість оцінки загального показника ефективності? | Так | Так | Ні | Ні |
| Переваги методу | Простота реалізації методу | Більшою мірою підкреслює важливість різних часткових показників, ніж метод Фішберна. Простота реалізації | Більшою мірою підкреслює важливість різних часткових показників, ніж метод Уея. Простота реалізації | Більшою мірою враховуються суб'єктивні міркування осіб, які приймають рішення стосовно ПАС |

раціональною є процедура визначення функції належності нечіткого загального показника ефективності ПАС до того чи іншого терму ЛЗ «Загальний показник ефективності».

6. Порівняльний аналіз методів визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників. Алгоритм проектування ПАС

Після дослідження методів визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників ефективності проектів ПАС та виділення відмінностей в цих методах, можна подати їх порівняльний аналіз у вигляді таблиці (табл. 2).

Це дає можливість визначитись щодо доцільності застосування того чи іншого методу у кожному конкретному випадку. При проектуванні ПАС розробнику необхідно враховувати такі рекомендації для вибору методу визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників:

- за невеликої кількості критеріїв (не більше 4-5) та при майже однаковій важливості всіх часткових показників пропонується застосовувати формулу Фішберна або метод Уея;
- за значної кількості критеріїв (більше 5) та при майже однаковій важливості всіх часткових показників пропонується застосовувати бальний метод;
- при виборі методів Фішберна, Уея або бального методу слід мати на увазі, що рівень компетентності експертів не враховується, тому для підвищення ефективності рішень, які приймаються на основі суб'єктивних оцінок, пропонується застосовувати нечіткі бальні оцінки у вигляді нечітких величин і як результат – нечіткий бальний метод;
- при застосуванні бального методу рекомендується максимальний бал вибирати таким чином, щоб він не збігався із кількістю критеріїв, оскільки у цьому випадку даний метод повністю збігається з методом Фішберна;
- при виборі методів Фішберна або Уея необхідно враховувати, що порядок цінності прийнятих рішень щодо оцінки загального показника ефективності проектів може змінитись при збільшенні кількості часткових показників ефективності;
- при застосуванні методів Фішберна або Уея достатньо лише знати порядок ранжування часткових показників ефективності, що дозволяє приймати найкращі оціночні рішення в найгіршій інформаційній обстановці на відміну від бального методу, де до того ж вводиться бальна шкала;
- при застосуванні методу нечітких бальних оцінок для проведення завершального етапу процесу проектування ПАС (визначення оптимізованого проекту) рекомендується використовувати процедуру знаходження відношення нечіткого загального показника до термів ЛЗ «Загальний показник ефективності ПАС».

Якщо наперед відомо, що кількість часткових показників у проектах змінюватись не буде, до того ж їх

небагато, то рекомендується застосовувати метод Фішберна або Уея, оскільки, як було показано вище, значення, отримані за цими методами, суттєво не відрізняються. Проте якщо необхідно більшою мірою підкреслити важливість різних часткових показників, то рекомендується вибирати метод Уея. В іншому випадку варто вводити бальну шкалу і застосовувати бальний метод визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників. Якщо при цьому необхідно більшою мірою врахувати суб'єктивність думки експертів, то рекомендується застосовувати метод нечітких бальних оцінок.

Отже, процес проектування ПАС із застосуванням апарату теорії нечітких множин, що включає:

- запропонований у роботі [1] підхід до проектування ПАС із застосуванням бібліотеки уніфікованих програмних модулів;
- методику аналізу та вибору проекту на основі ЛЗ [1];
- методику оцінки чутливості і стабільності загального показника ефективності проекту [2];
- розглянутий в цій роботі математичний апарат для знаходження відношення нечіткого загального показника до термів ЛЗ «Загальний показник ефективності»,

можна зобразити у вигляді алгоритму (рис.4).

Відповідно до цього, виходячи з поставленої задачі на розробку ПАС (блок 1), визначають перелік елементарних технологічних задач, для розв'язання яких вона призначена. Це дасть можливість віднести її до відповідного класу ПАС (блок 2), щоб визначити множину стандартних функціональних профілів майбутньої ПАС, утворених з відповідних функціональних послуг – функцій, кожна з яких забезпечує системі розв'язання однієї елементарної задачі (блок 3). Для задоволення потреб програмної реалізації ПАС з розробленої бібліотеки програмних модулів здійснюють вибір множини програмних модулів (блок 4), достатньої для реалізації функціональних профілів майбутньої ПАС (блок 5). При цьому не виключають ймовірність розробки нових модулів для бібліотеки програмних модулів (блок 6) чи розробки функціональних профілів ПАС, які можна реалізувати засобами наявної бібліотеки (блок 8) та стандартизувати. Таким чином, для майбутньої ПАС отримують деяку множину проектів (блок 9). Для завершення процедури проектування майбутньої ПАС необхідно виконати порівняльний аналіз проектів ПАС та вибір найкращого. Для цього вводять загальний показник ефективності проекту x (блок 10). Далі визначають часткові показники ефективності проектів (блок 11) та знаходять їх коефіцієнти пріоритетності (блок 12). Наступним кроком алгоритму проектування ПАС є оцінка часткових показників (блок 13) та оцінка загального показника ефективності проекту (блок 14). Якщо оцінка хоча б одного часткового показника є нечіткою (блок 14) або коефіцієнти пріоритетності є нечіткими

величинами (блок 15), що можливо зокрема при використанні методу нечітких бальних оцінок, то з'являється потреба в знаходженні відношення нечіткого загального показника ефективності ПАС до термів ЛЗ «Загальний показник ефективності» (блок 17).

Оскільки оцінка ефективності проектів ПАС є багатокритеріальною задачею [1], у роботі [2] було показано, що прийняття рішень на будь-якому з етапів проектування ПАС відбувається, як правило, в умовах наявності тієї чи іншої міри невизначеності. Враховуючи суб'єктивність ОПР, необхідно перевірити, чи відпо-

відає такий сценарій вибору проекту вимогам користувача (блок 18). Під сценарієм вибору проекту будемо розуміти процес вибору оптимізованого проекту для визначених аргументів. У разі зміни значення хоча б одного з аргументів з метою задоволення потреб користувача хід вибору оптимізованого проекту може змінитись, тобто в цьому випадку з'являється новий сценарій вибору проекту. Якщо поточний сценарій вибору проекту відповідає вимогам користувача, то виконують завершальний етап – вибір проекту з максимальним значенням загального показника ефективності як оптимізованого (блок 22). В іншому випадку необхідно оцінити чутливість і стабільність загального показника до тих незначних змін його аргументів, які хоче зробити користувач (блок 19, 20). Якщо загальний показник виявиться чутливим, то буде отримано інший сценарій вибору проекту, за яким роль найкращого проекту зміниться (блок 21).

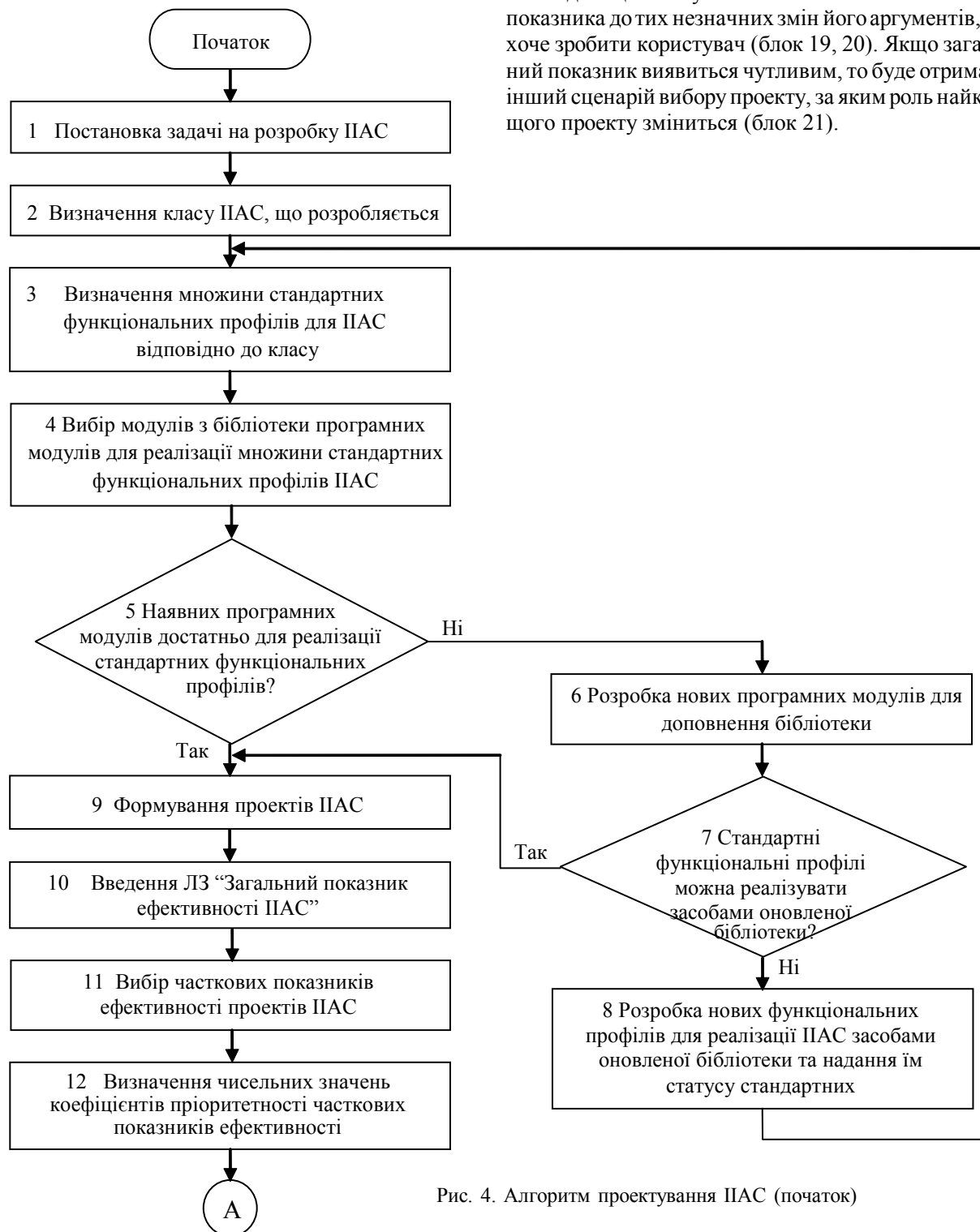


Рис. 4. Алгоритм проектування ПАС (початок)

Висновки

Виходячи з того, що отримання найбільш високої якості оцінювання проекту залежить і від вибору методу знаходження чисельного значення коефіцієнтів

пріоритетності часткових показників ефективності проектів ПАС, у статті розглянуто найбільш перспективні методи для їх визначення, зокрема метод Фішберна, Уея та бальний метод. Отримано необхідні математичні залежності для застосування цих методів, наведено приклади їх використання, проведено порівняльний аналіз методів та визначено умови вибору відповідного методу для будь-якої задачі прийняття рішень за умов багатокритеріальності.

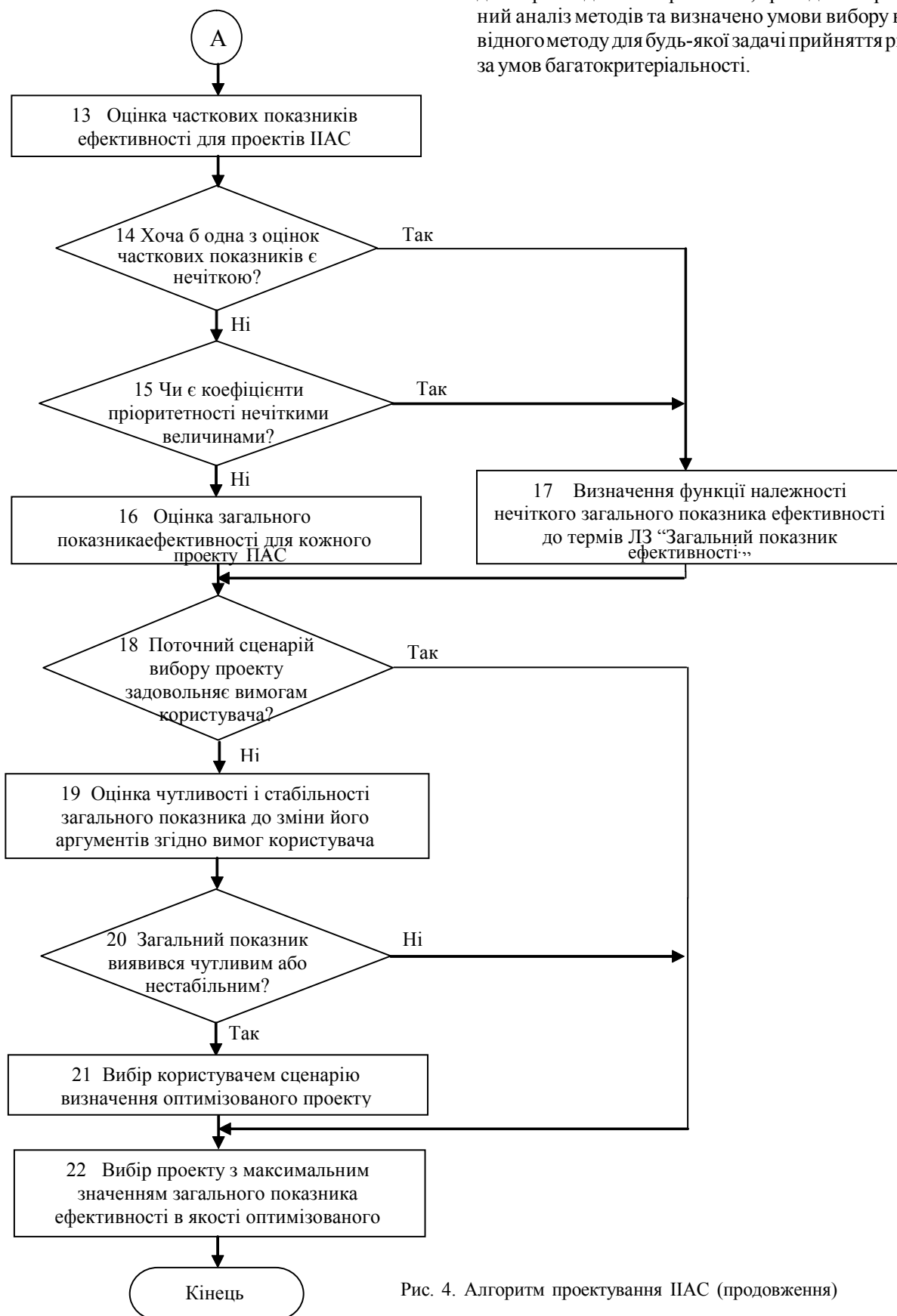


Рис. 4. Алгоритм проектування ПАС (продовження)

Розглянуто задачу подання коефіцієнтів пріоритетності нечіткими величинами для врахування найбільш суб'єктивних суджень ОПР. Наведено процедуру отримання відношення нечіткого загального показника ефективності ПАС до того чи іншого терму ЛЗ «Загальний показник ефективності». Одержані результати можуть бути застосовані при проектуванні ПАС на етапі вибору методу визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників при оцінці загального показника ефективності проекту.

Література: 1. *Функціонально-орієнтований підхід до проектування інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем* / Л.Ф. Василевич, А.Ю. Михайлюк, В.П. Тарасенко, О.К. Тесленко // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2010. Т.12, №2. С. 128-142. 2. *Функціонально-орієнтоване проектування інформаційно-аналітичних систем. Аналіз чутливості та стабільності загального показника ефективності* / Л.Ф. Василевич, Я.М. Клятченко, А.Ю. Михайлюк, О.С. Михайлюк, Л.М. Огнівчук, В.П. Тарасенко // Науковий вісник Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. 2010. Т. 1. Вип.2. С. 12-23. 3. *Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты* / В.В. Домарев. К.: ООО «ТИД «ДС», 2001. 688с. 4. *Королев В.А. «О природе принципа Парето»*, <http://www.certicom.kiev.ua/pareto-prinzyp.html>. 5. *Поспелов Б.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта* / Под ред. Б.А. Пospelова. М.: Наука, 1986. 32 с. 6. *Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH*: / А.В. Леоненков. СПб.: BHV, 2003. 736 с. 7. *Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств*. М.: Радио и связь, 1982. 432 с. 8. *Мацневский С.В. Нечеткие множества: Учебное пособие* / Мацневский С.В. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. 176 с.

Надійшла до редколегії 08.10.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Володарський Є.Т.

Василевич Леонід Федорович, канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних технологій та математичних дисциплін Київського університету імені Бориса Грінченка. Наукові інтереси: прийняття рішень за умов нечіткої інформації, ризику та конфлікту. Адреса: Україна, 04212, Київ, вул. Тимошенко, 13-Б, E-mail:lvasilevich@mail.ru.

Михайлюк Антон Юрійович, канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри інформатики Київського університету імені Бориса Грінченка. Наукові інтереси: методи та засоби інтелектуального аналізу природномовних текстових інформаційних об'єктів. Адреса: Україна, 04212, Київ, вул. Тимошенко, 13-Б, E-mail:may-62@ukr.net.

Михайлюк Олена Станіславівна, науковий співробітник кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Наукові інтереси: експертні системи, їх застосування в задачах аналізу даних. Адреса: Україна, 03056, Київ, просп. Перемоги, 37, E-mail: mes@scs.ntu-kpi.kiev.ua.

Огнівчук Леся Миколаївна, викладач кафедри інформаційних технологій і математичних дисциплін Київського університету імені Бориса Грінченка. Наукові інтереси: методи та алгоритми автоматичного реферування текстової інформації. Адреса: Україна, 04212, Київ, вул. Тимошенко, 13-Б, E-mail:Bigun_lm@ukr.net

Тарасенко Володимир Петрович, д-р техн. наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки. Завідувач кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Наукові інтереси: методи та засоби підвищення ефективності обробки ресурсів глобального електронного інформаційного простору. Адреса: Україна, 03056, Київ, просп. Перемоги, 37, E-mail:vtarasen@scs.ntu-kpi.kiev.ua

УДК681.324:519.613

МЕТОД ПРИРАЩЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕСТОПРИГОДНОСТИ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

ХАХАНОВ В.И., ГЕРАСИМЕНКО К.Е.

Разрабатывается математический аппарат и метод приращений для повышения контролепригодности критических систем управления. Отличительной особенностью метода от существующих является использование логических элементов защит, построенных на базе арифметических операций с интегральной оценкой значений входных сигналов в диапазоне $[0;1]$, без использования логических операций и операций отношения. Это позволяет проверять работоспособность данных элементов по их реакции на изменения входного непрерывного сигнала от канала ввода в АЦП через все логические элементы защит, в которых используется данный сигнал, до дискретного выходного элемента, формирующего команду защиты на конкретный исполнительный механизм. Данный метод позволяет обеспечить контроль и диагностирова-

ние целого ряда неисправностей типа «несрабатывание», относящихся к категории скрытых в существующих реализациях оборудования защит, которые используют логические операции и операции отношения.

1. Введение

Повышение тестопригодности критических систем управления является актуальной задачей и предметом различного рода исследований и конструкторских решений. Цель данного исследования – разработка математического аппарата, позволяющего создавать и тестировать схемы логических элементов без использования традиционной бинарной арифметики, за счет многомерного (многоразрядного) представления входных, выходных данных и процессов их обработки в критических системах. Задачи исследования: 1) разработка математического аппарата для тестирования логических блоков цифровыми эквивалентами аналоговых изменений; 2) создание моделей логических элементов и блоков для проверки их работоспособности; 3) разработка метода повышения тестопригодности для проверки логических блоков устройств защиты атомных станций.

ПРАВИЛА

оформления рукописей для авторов
научно-технического журнала

"Радиоэлектроника и информатика"

Тематика: радиотехника; электроника; телекоммуникации; компьютерные науки; компьютерная инженерия и техническая диагностика; системы и процессы управления; информационные технологии в науке, образовании, культуре, медицине, экономике, экологии, социологии.

Формат страницы — А4 (210x297 мм), поля: сверху — 15, справа, слева, снизу — 20 мм. Количество колонок — 2, интервал между ними — 5 мм. Редактор: Pagemaker 6.0 (можно, но нежелательно Word), гарнитура Times ET (Times New Roman Cyr), кегль — 10 пунктов, межстрочное расстояние — 110%, табуляция — 5 мм.

Объем рукописи — от 2 до 10 с. (языки: русский, украинский, английский). Текст рукописи должен быть структурирован и содержать все *основные части, характерные для научной статьи*: **введение** (отражает актуальность, формулирование цели и задач исследования); **сущность** (изложение основного материала исследования с описанием идеи, метода, и обоснованием полученных научных результатов); **выводы** (отражают результаты исследования, их научную новизну и практическую значимость, сравнение с лучшими аналогами, перспективы).

Структура рукописи: заголовок, аннотация, текст, литература, реферат (на украинском и английском языках), сведения об авторах.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ

УДК 519.713

НАЗВАНИЕ РУКОПИСИ

ФАМИЛИЯ И.О.

(Название желаемого раздела тематики)

Аннотация (на языке статьи, абзац 5-10 строк, кегль 9) помещается в начале статьи и содержит информацию о результатах описанных исследований.

Основной текст можно разделять на 2 и более подразделов с заголовками, выделенными полужирным шрифтом, пронумерованными арабскими цифрами, как показано в следующей строке.

1. Название раздела

Рисунки и таблицы (черно-белые, контрастные) помещаются в текст после первой ссылки в виде *переносимых объектов* и отдельно нумеруются, при наличии более одного рисунка (таблицы), арабскими цифрами. Рисунок содержит подрисуночную центрированную подпись под иллюстрацией (вне рисунка), как показано на рис. 1.

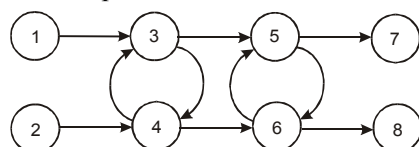


Рис. 1. Граф с контурами

Табличный заголовок располагается справа над таблицей (вне таблицы), что иллюстрируется табл. 1. Редакторы: CorelDraw, Table Editor, Excel.

Таблица 1

| Шаг i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|---|---|---|---|---|---|
| Φ1(1,3) | 1 | 2 | 2 | 4 | 6 | 1 |

Формулы нумеруются при наличии ссылок на них в рукописи. Формулы, символы, переменные, встречающиеся в тексте, должны быть набраны как объекты Microsoft Equation. Рекомендуются высота формульных кеглей: переменная — 10 пунктов, индекс — 8, над- и подиндекс — 8, основной (индексный) математический символ — 12(10):

$$F_{i+i} = \sum_{i=1}^b F_j^i - \prod_{j=1}^{1+h} P_{R_{j+i}} + F^{j-1} + X^{\sum n^k}. \quad (1)$$

Формат переменных (желательно не курсивом — без наклона) в тексте и формулах должен быть идентичным. В тексте над- и подиндексы составляют 70 % от высоты кегля, которые рекомендуются опускать (поднимать) на 17 (33) % относительно основной строки.

Литература (включает опубликованные источники, на которые имеются ссылки в тексте, заключенные в квадратные скобки) печатается без отступа, кегль 9 пунктов.

Образец окончания текста рукописи (литература, сведения об авторах, реферат) представлен ниже.

Литература: 1. *Фамилия И.О.* Название книги. Город: Издательство, 1900. 000 с. 2. *Название сборника / Под ред. И.О. Фамилия.* Город: Издательство, 1900. 000 с. 3. *Фамилия И.О.* Название статьи // Название журнала. Название серии. 1997. Т. 00, № 00. С. 00-00.

Поступила в редколлегию 00.00.00

Рецензент: должность, ученая степень, Фамилия, И.О.

Фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность и место работы. Научные интересы. Увлечения и хобби. Адрес, контактные телефоны.

Рефераты представляются на украинском и английском языках.

УДК 000.000.00

Назва статті /Ініціали. Прізвище // **Радиоэлектроника та информатика.** 2000. № 00. С. 00-00.

Текст реферату.

Табл. 00. Лл. 00. Бібліогр.: 00 назв.

UDC 000.000.00

Title of paper /Initials. Surname // **Radioelektronika i informatika.** 2000. N 00. P. 000-000.

Text.

Tab. 00. Fig. 00. Ref.: 00 items.

Представление материалов

Рукопись, рефераты, сведения об авторах — в одном файле, *поименованном фамилией автора*, на дискете 3,5 дюйма. Твердая копия материалов — для граждан Украины — в одном экземпляре: рукопись, подписанная авторами, рефераты, акт экспертизы, внешняя рецензия, подписанная доктором наук, заявление на имя главного редактора со сведениями об авторах.

Адрес редакции: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, ХНУРЭ, комната 321, тел. 70-21-326, e-mail: ri@kture.kharkov.ua; hahanov@kture.kharkov.ua. <http://www.ewdtest.com/ri>

Рекомендовано Ученым советом Харьковского национального университета радиоэлектроники (протокол № 2 от 27.09.2012)

Підписано до друку 27.09.2012. Формат 60x84^{1/8}.

Умов. друк. арк. 9,8. Зам. № б/н. Тираж 300 прим. Ціна договірна.

Віддруковано у СПД ФО Степанов В.В.

61168, Харків, Акад. Павлова, 311.